



# **Das Potenzial der additiven Fertigung: Digitale Technologien im Unternehmenskontext**

Auswertung  
Juni 2019

Ruth van Bracht | RWTH Aachen University  
Dr. Patrick Pollok | RWTH Aachen University  
Prof. Dr. Frank T. Piller | RWTH Aachen University  
Dr.-Ing. Erik Marquardt | VDI e.V.

# **Die Wahrnehmung additiver Fertigungstechnologien und deren Auswirkungen auf die Handlungsintentionen deutscher Ingenieure**

Additive Fertigung, umgangssprachlich auch als 3-D-Druck bekannt, stellt ein aktuelles Beispiel einer potenziell disruptiven Technologie dar und gewinnt zunehmend an Bedeutung. Sie spielt nicht nur in verschiedenen industriellen Anwendungen wie der Fertigungsindustrie, sondern auch im alltäglichen Konsumentenleben eine Rolle. So können physische Objekte unmittelbar aus 3-D-Modellen geschaffen werden, wobei verschiedenste Materialien schichtweise verbunden werden.

Die Technologie bietet dabei neue Möglichkeiten für Design-Ausgestaltungen (Sprichwort „complexity for free“: Erzielen komplexer Geometrien ohne bedeutende Mehrkosten), sodass herkömmliche Produkte sowie Produktionsprozesse substituiert werden können. Die additive Fertigung stellt somit nicht nur eine disruptive Technologie dar und hat das Potenzial, eine Vielzahl konventioneller Fertigungsprozesse zu ersetzen, sondern ermöglicht neue Geschäftsmodelle, neue Produkte und neue Lieferketten.

Dennoch umgeben viele Unsicherheiten die weitere Entwicklung der Technologie, sodass es sich um eine „potenziell“ disruptive Technologie handelt: Technologische Entwicklung, wirtschaftliches Marktpotenzial sowie regulatorische Rahmenbedingungen sind nach wie vor ungewiss.<sup>1</sup>

## **Die Wahrnehmung von AM: Chance oder Bedrohung?**

Trotz des Potenzials und der breiten Anerkennung in der Forschung und unter Experten variiert die Bewertung von AM in Unternehmen und Organisationen sehr. Einige sehen AM als Chance für komplexe, individualisierte Designs mit neuen Geometrien, die zuvor als solche nicht möglich waren. Es wird sogar vielfach von neuen möglichen Geschäftsmodellen, Veränderungen von Produktionsstrukturen und neuen Mitarbeiterqualifikationen und -Ausbildungen gesprochen.

Andere wiederum sehen AM eher als Bedrohung und sind skeptisch hinsichtlich des Potenzials und des Grads der möglichen Verbesserung der aktuell eher mittelmäßigen (Oberflächen-) Qualität und bemängeln die mit der Technologie einhergehenden höheren Kosten in Anschaffung und Produktion.

## **Handlungsintentionen auf der Mitarbeiterenebene beeinflussen maßgeblich den Erfolg von Technologie-Adoptionsvorhaben in der Organisation**

Das Dilemma, mit welchem Unternehmen oft konfrontiert sind, ist die Entscheidung zwischen einem Festhalten an konventionellen, existenten und fundierten Technologien oder der Bereitschaft, neue Möglichkeiten, die mit potenziell disruptiven Technologien verbunden sind, zu adoptieren.<sup>2</sup> Ebenso ergeht es Mitarbeitern, die zuvor ausschließlich mit etablierten Technologien gearbeitet haben und nun mit der Ungewissheit neuer Technologien, die neue Fähigkeiten bzw. neues Wissen von einem selbst abverlangen, konfrontiert werden.

Entsprechende Studien haben bereits gezeigt, dass die Auffassung einer neuen Technologie in Unternehmen (sowohl auf Management- als auch Mitarbeiterenebene) eine signifikante Rolle für die spätere Anwendung spielt.<sup>3</sup> Die Entscheidungsfindung auf Unternehmensebene wird wiederum maßgeblich von Faktoren auf dem Individual-Level beeinflusst.<sup>4</sup>

Um diese Faktoren zu erkennen, ist es äußerst wichtig zu analysieren, wie einzelne Mitarbeiter neue Technologien wahrnehmen und zu erschließen, wie diese Wahrnehmungen sich auf ihre Reaktion gegenüber AM auswirken.

Insbesondere die Wahrnehmung einer Technologie als Chance oder Bedrohung ist ein entscheidender Faktor für den zukünftigen Einsatz einer Technologie.<sup>5</sup> Wahrnehmungen werden innerhalb von Diskurs und Diskussion unter Mitarbeitern, mit Vorgesetzten und mithilfe der Kommunikation vom Management-Level entwickelt.

Hierzu haben wir die Mitglieder des VDI, welche relevanten Fachgesellschaften zugeordnet sind, befragt. Insbesondere lag der Fokus auf Mitarbeitern, die nicht schon zu den „Power Usern“ der Additiven Fertigung (Additive Manufacturing, AM) zählen.

### **Key Findings der Umfrage: Deutsche Ingenieure (VDI-Mitglieder) sehen in AM potenzielle Chancen und Möglichkeiten, weniger eine starke Bedrohung**

- Die Mitglieder des VDI sehen in AM keine Bedrohung für bestehende Geschäftsmodelle und halten es auch für wenig wahrscheinlich, dass diese gar angepasst werden müssen; es werden eher positive Aspekte gesehen (neue Möglichkeiten für Geschäftsmodelle).
- Ein Großteil der deutschen Ingenieure ist bereit für den Fortschritt von AM und der Adoption zu handeln.
- Junge Mitarbeiter mit weniger Arbeitserfahrung sehen eher Chancen in AM, wohingegen Mitarbeiter mit mehr Berufserfahrung eher dazu tendieren, eine Bedrohung wahrzunehmen.
- Die Teilnehmer der Umfrage sehen den technologischen Fortschritt von AM in den letzten 2,5 Jahren in vielen Bereichen. Nur bei der Automatisierung/Prozessintegration wird der wahrgenommene Fortschritt weniger stark eingeschätzt.
- Die Teilnehmer der Studie haben erkannt, dass die additiven Fertigungsverfahren an vielen Stellen der Wertschöpfungskette eingesetzt werden können und nicht nur für finale Endprodukte oder Ersatzteile.

<sup>2</sup> Christensen, 1997.

<sup>3</sup> van Bracht, 2019.

<sup>4</sup> March & Shapira, 1987; Tripsas & Gavetti, 2000.

<sup>5</sup> Osiyevskyy & Dewald, 2015.

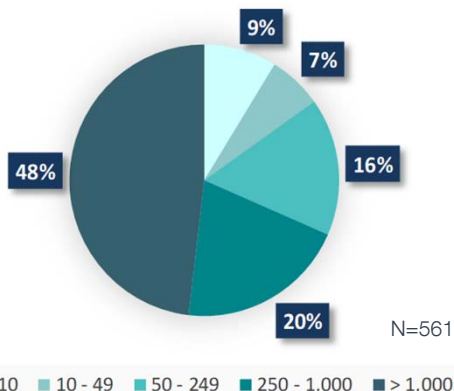
# Teilnehmer der Studie

## Ein breites Spektrum deutscher Ingenieure hat zu der Umfrage beigetragen

Ingenieure aus einer breiten Anzahl an Branchen waren beteiligt. Hinsichtlich des Alters waren die Befragten recht gleichverteilt zwischen 25 bis 64 Jahre und hatten zu 70% über zehn Jahre Arbeitserfahrung. Nicht unüblich für ein solches Sample waren 92% Männer und 8% Frauen vertreten.

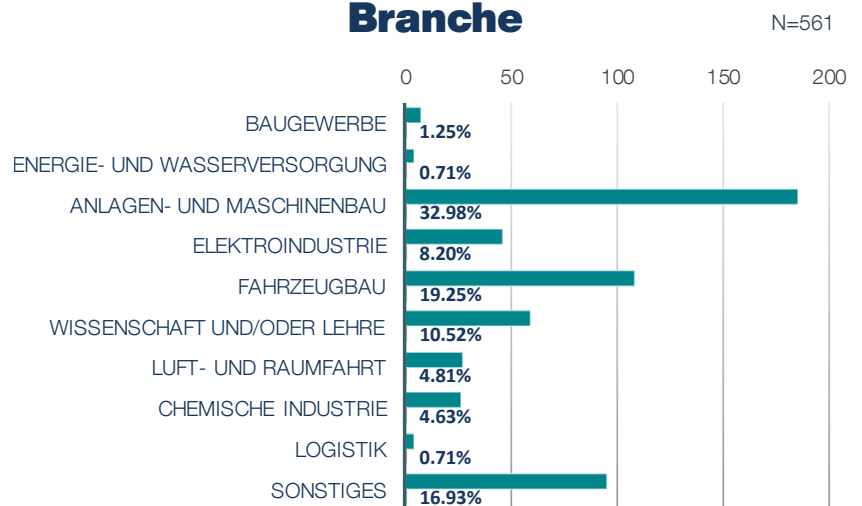
Bei dem Thema AM ist es außerdem nicht verwunderlich, dass ein hoher Anteil an Ingenieuren aus dem Anlagen- und Maschinenbau sowie dem Fahrzeugbau vertreten sind.

### Unternehmensgröße [Anzahl Mitarbeiter]



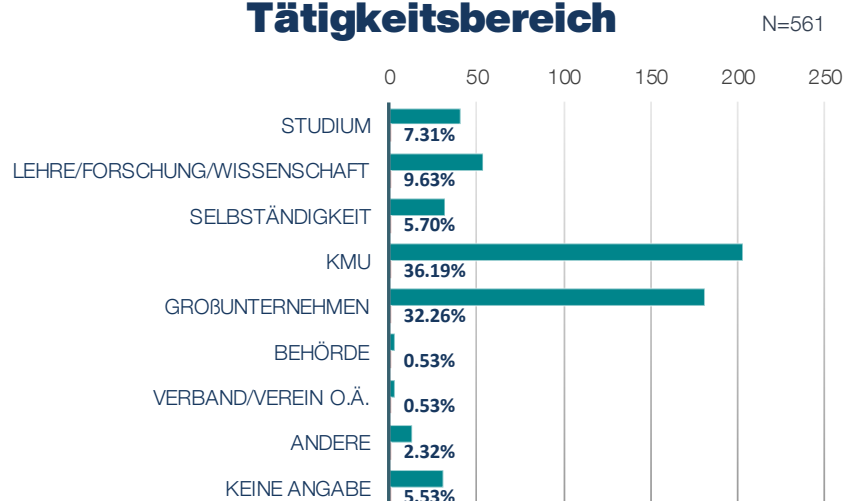
Weiterhin stammen die Befragten hauptsächlich aus KMU und Großunternehmen.

### Branche



Der größte Anteil der Teilnehmer arbeitet innerhalb von Unternehmen mit einer Mitarbeiterzahl über 1.000 Personen (48%).

### Tätigkeitsbereich

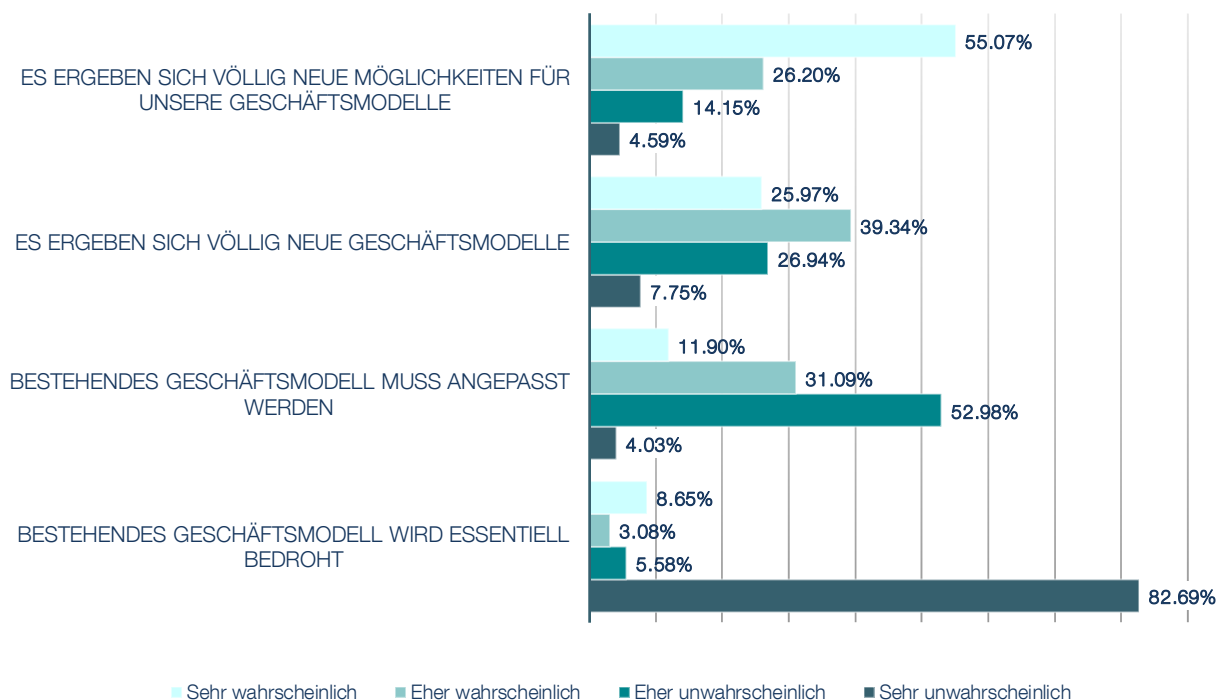


# Deutsche Ingenieure sehen die Chancen durch AM für neue Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle und wenig Änderungsbedarf oder gar eine Bedrohung durch AM für ihre Unternehmen.

In Bezug auf additive Fertigungstechnologien hat unsere Studie gezeigt, dass unter den deutschen Ingenieuren relativ wenige glauben, dass AM ihr bestehendes Geschäftsmodell essentiell bedrohen kann.

- Ebenso glauben weniger als 50% der Befragten, dass das aktuell bestehende Geschäftsmodell überhaupt verändert oder angepasst werden muss.
- Als Chance für völlig neue Geschäftsmodelle sehen etwas über 60% der Befragten AM, ebenso werden neue Möglichkeiten für bestehende Geschäftsmodelle wahrgenommen.
- Unter den VDI-Mitgliedern überwiegt eine Wahrnehmung als Chance im Vergleich zur Bedrohungswahrnehmung.

## Wahrnehmung des Einflusses von AM auf Geschäftsmodelle



N=561 Teilnehmer

**AM wird von deutschen Ingenieuren nicht als Bedrohung wahrgenommen, vielmehr überwiegt der Fokus auf potenzielle Chancen und Möglichkeiten, insbesondere für Geschäftsmodelle.**

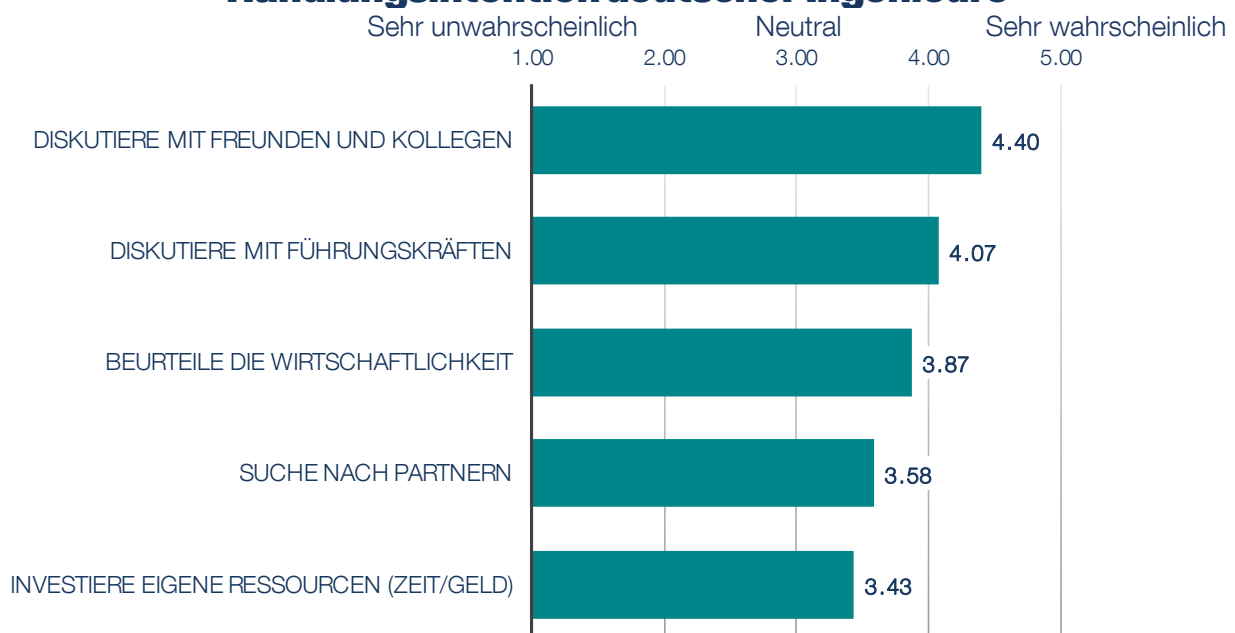
RWTH Aachen & VDI e.V.

## Deutsche Ingenieure sind engagiert zu handeln, um AM zu adoptieren. Es gibt jedoch deutliche Unterschiede bei nuancierterer Betrachtung der unterschiedlichen Aktivitäten: der Wille zum Diskurs ist deutlich größer als zur Aktion

Es überwiegt der Wille zum Fortschritt der Technologie zu handeln. Mehr als die Hälfte der Befragten wäre bereit, gewisse Aktivitäten zur Adoption von AM anzugehen.

- Insbesondere das Diskutieren und Erörtern steht im Vordergrund, sei es mit Vorgesetzten und/oder Freunden und Kollegen.
- Ein Aufwenden von Arbeitszeit zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit findet bereits deutlich weniger Zuspruch.
- Die Suche nach potenziellen Partnern sowie das Investieren eigener Ressourcen halten wiederum lediglich rund die Hälfte der Befragten für wahrscheinlich.

### Handlungsintention deutscher Ingenieure



N=561 Teilnehmer

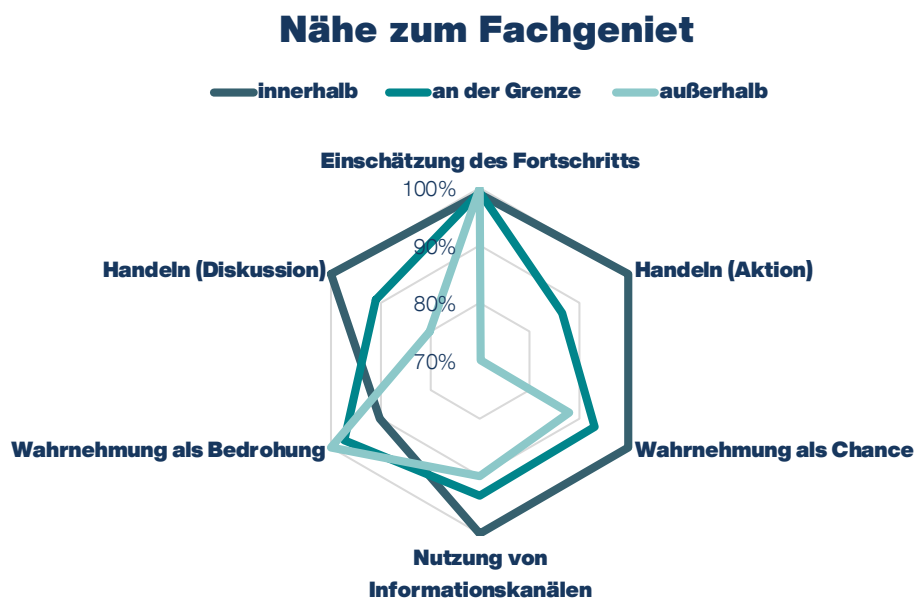
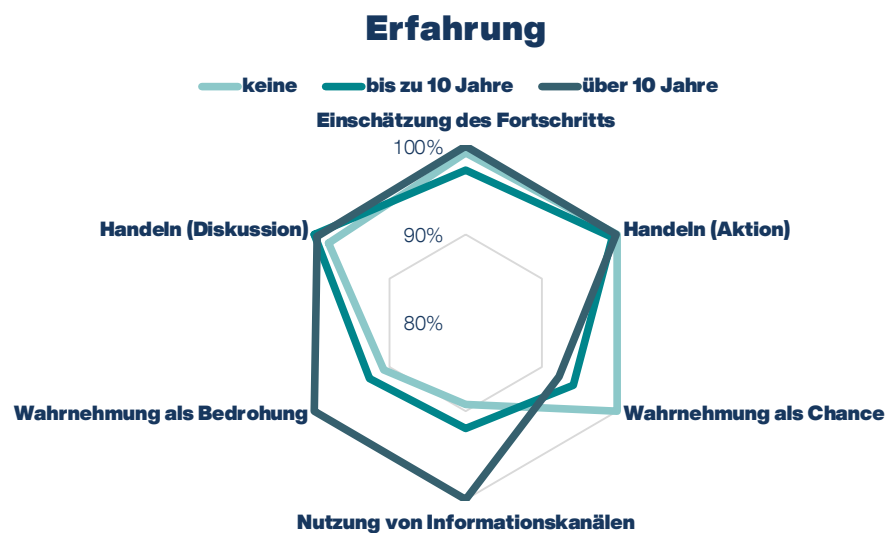
**Insgesamt tendieren deutsche Ingenieure zum Handeln – Hierbei überwiegen derzeit vor allem die verbalen Absichten gegenüber der Intention zur Aktion**

RWTH Aachen & VDI e.V.

# Gruppenvergleiche

## Vergleich unterschiedlicher Ausprägungen der Wahrnehmung von AM, der Handlungsintention sowie der Nutzung von Informationskanälen und der Einschätzung des Fortschritts

- Mitarbeiter ohne Berufserfahrung tendieren eher dazu, AM als Chance wahrzunehmen und Menschen mit über zehn Jahren Erfahrung eher als Bedrohung.
- Personen, die über AM eher informiert sind, nehmen die Technologie eher als Chance wahr im Vergleich zu weniger informierten Mitarbeitern, welche sie eher als Bedrohung sehen.
- Die Nutzung von Informationskanälen wird vor allem von Mitarbeitern mit viel Berufserfahrung und Menschen, bei denen AM eher im Fachgebiet liegt, vermehrt genutzt.



N=561 Teilnehmer

**Insbesondere die Nähe zum Fachgebiet bietet Aufschluss über unterschiedliche Ausprägungen bzgl. des Handelns (Aktion vs. Diskussion) – Personen, denen das Thema deutlich näher liegt, sind eher bereit, auch in Aktion zu treten.**

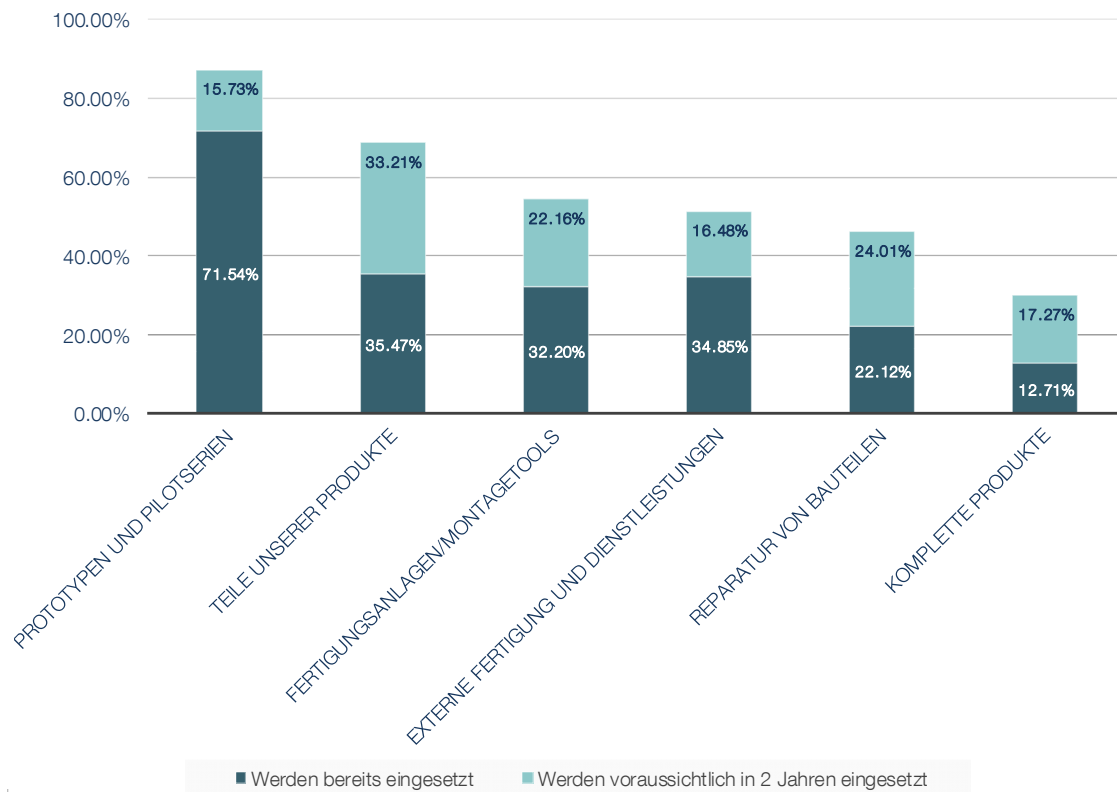
# Einsatz von AM im Unternehmen

## AM ist in den Unternehmen angekommen.

- Die additive Fertigung ist als Hilfsmittel bei der Produktentwicklung im Alltag der Teilnehmer der VDI-Umfrage angekommen. 71,54 % setzen AM für die Fertigung von Prototypen und Pilotserien ein und weitere 15,73 % sehen diesen Anwendungsfall in zwei Jahren. Damit sehen nur 12,73 % der Teilnehmer gar kein Einsatzpotenzial von AM in ihrer Organisation. Wenn man berücksichtigt, dass sich nicht alle Teilnehmer der produzierenden Industrie oder entsprechenden Forschungseinrichtungen zugeordnet haben, darf man postulieren, dass praktisch allen potenziellen Nutzern die Vorteile bekannt sind und die Einsatzmöglichkeiten evaluiert werden.
- Immerhin 12,71 % der Befragten nutzen AM für die Produktion kompletter Endprodukte des eigenen Unternehmens und weitere 17,27 % könnten sich vorstellen, dass das innerhalb der nächsten zwei Jahre der Fall sein wird. 1/3 der Befragten gaben an, dass bereits additiv gefertigte Komponenten in ihren Produkten sind, und ein weiteres Drittel nimmt an, dass das in absehbarer Zeit geschehen wird.
- Die Teilnehmer der Umfrage haben erkannt, dass die additive Fertigung nicht nur für Prototypen, Produktteile oder ganze Produkte genutzt werden kann, sondern auch für die Herstellung desselben in Form von Fertigungswerkzeugen und Montagetools. 1/3 der Befragten gaben an, diese Nutzungsform bereits implementiert zu haben. Insgesamt kann sich über die Hälfte der Befragten diese Nutzungsform konkret vorstellen.
- Den Nutzen von AM für das Ersatzteilmanagement haben über 20 % der Teilnehmer schon in die Praxis umgesetzt. Weitere 24 % sehen hier in den nächsten zwei Jahren Potenziale.
- Über 1/3 der Befragten arbeitet bei AM-Projekten mit externen Dienstleistern zusammen und die Hälfte der Teilnehmer kann sich vorstellen, dass sie das in zwei Jahren tut.



## (Geplanter) Einsatz von AM Verfahren im Unternehmen



N=527 Teilnehmer

**Die Möglichkeit, AM für Prototypen, Fertigungsmittel und Endprodukte einzusetzen, sind bekannt und werden genutzt.**

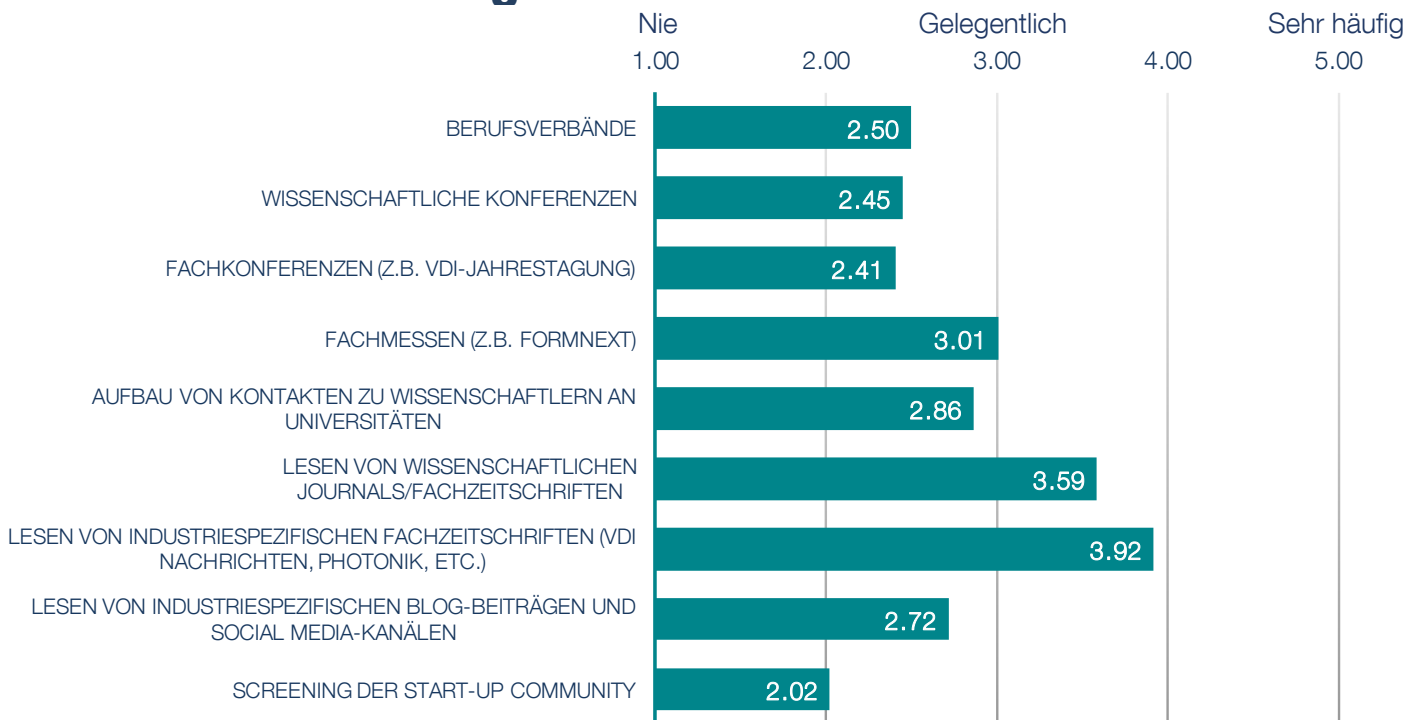
RWTH Aachen & VDI e.V.

## Nach wie vor dominieren klassische Informationskanäle wie Fachzeitschriften und wissenschaftliche Journals

Abschließend wurden die VDI-Mitglieder hinsichtlich Ihrer Nutzung von Informationsbeschaffungskanälen befragt.

- „Neuartigere“ Kanäle wie das Screening von Start-Up Communities werden bisher wenig genutzt (von nur 7% häufig und 23% gelegentlich).
- Vor allem industriespezifische Fachzeitschriften wie die VDI nachrichten und Photonik werden mit deutlichem Vorsprung am häufigsten herangezogen (von 73,24% mindestens häufig genutzt), gefolgt von wissenschaftlichen Journals und Fachzeitschriften (57,32%). Hierbei ist zu beachten, dass die VDI Mitglieder die VDI nachrichten und Fachzeitschriften, die regelmäßig über AM berichten (VDI-Z, Photonik, ...) im Rahmen ihrer Mitgliedschaft kostenfrei beziehen können. Bemerkenswert an diesem Ergebnis ist, dass diese Publikationen von  $\frac{3}{4}$  der Teilnehmer als Informationsquelle über AM wahrgenommen werden, obwohl diese ein wesentlich breiteres Themenspektrum abdecken und nicht in jeder Ausgabe über AM berichten.

### Nutzung von Informationskanälen

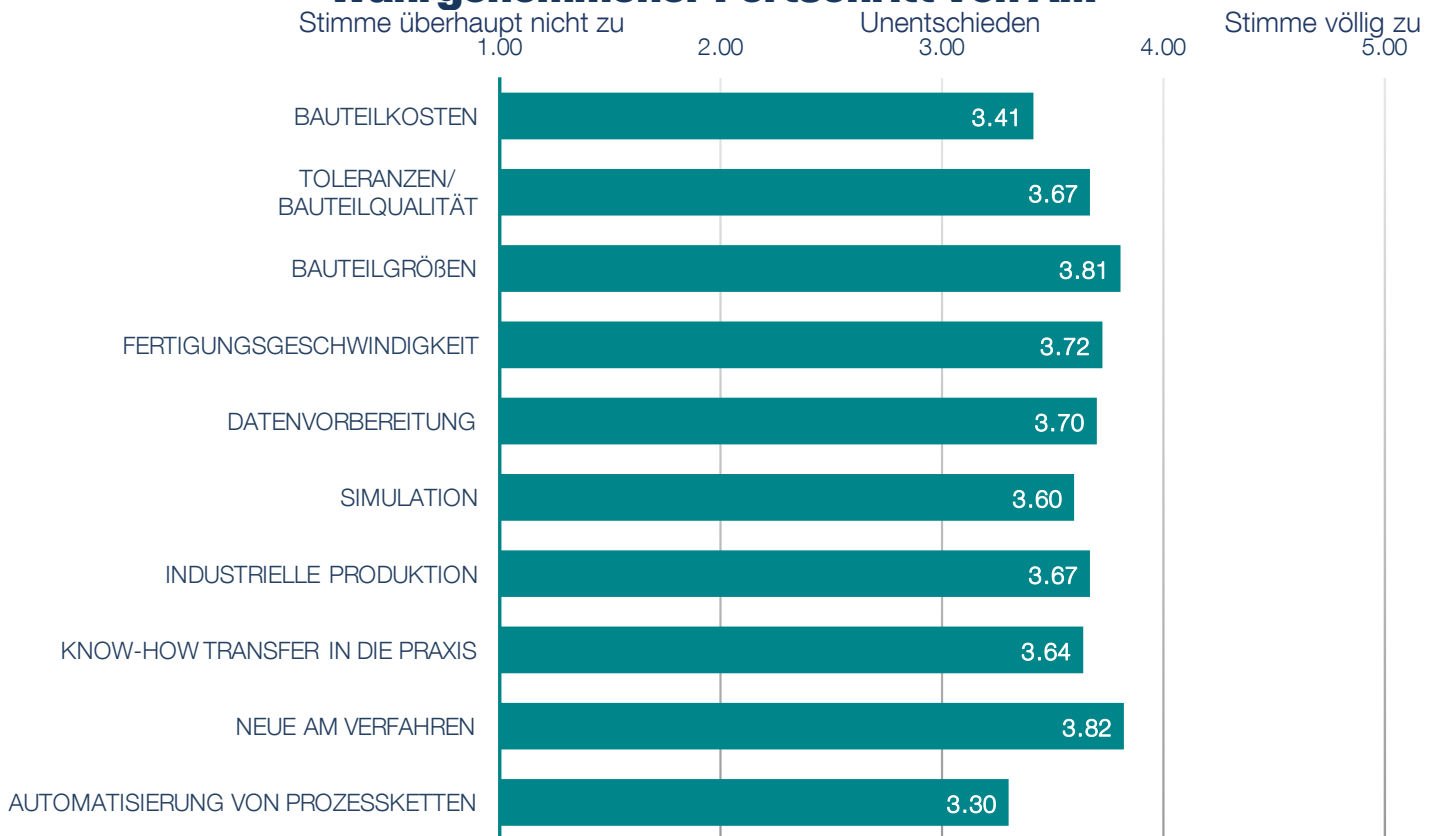


N=545 Teilnehmer

**Digitale Kanäle wie Blogs und Social Media-Plattformen werden im Durchschnitt weniger oft verwendet. Auch das Verfolgen der Start-Up Community ist noch kein gängiger Informationsweg.**

RWTH Aachen & VDI e.V.

## Wahrgenommener Fortschritt von AM



N=535 Teilnehmer

**Der Fortschritt von AM wird insgesamt eher groß eingeschätzt. Lediglich in der Automatisierung ist der Fortschritt nicht ganz so stark ausgeprägt.**

RWTH Aachen & VDI e.V.

### **Neue, industrierelevante Verfahren und größere Bauteile prägen die Trends der letzten 2½ Jahre. Nur die Automatisierung der Prozesskette überraschte kaum mit Fortschritten.**

- Bei fast allen Kenngrößen zur Leistungsfähigkeit der additiven Fertigungsverfahren wurde ein deutlicher Fortschritt festgestellt. Insbesondere wurden neue industriellen Verfahren (71,54%) und die realisierbaren Bauteilgrößen (70,83%) positiv bewertet.
- Auffällig ist bei dieser Auswertung, dass vor allem die Automatisierung der Prozesskette hinterherhängt – hier würden lediglich 40,92% zustimmen, dass es in den letzten 2,5 Jahren große Fortschritte gab.
- Erfreulich ist auch, dass die Entwicklung des Know-how-Transfers in die Praxis von 67,7% der Befragten positiv bewertet wird.

**Die AM-Technologie wird also nicht nur leistungsfähiger, die Ingenieure wissen auch, damit umzugehen.**

# Literatur

<sup>1</sup> Jiang, R., Kleer, R., & Piller, F.T. 2017. "Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030," *Technological Forecasting and Social Change* (117), pp. 84–97.

<sup>2</sup> Christensen, C M. 1997. "The Innovator's Dilemma," Harvard Business School Press (ed.), Cambridge, MA.

<sup>3</sup> van Bracht, R. 2019. "Making Sense of Disruptive Technologies in Established Firms: The Case of Additive Manufacturing," in *Proceedings of the Seventy-ninth Annual Meeting of the Academy of Management*, Guclu Atinc (ed.).

<sup>4</sup> March, J. G., and Shapira, Z. 1987. "Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking: Managerial perspectives on risk and risk taking," *Management Science* (33:11), pp. 1404–1418.

<sup>4</sup> Tripsas, M., and Gavetti, G. 2000. "Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging," *Strategic Management Journal* (21:10-11), pp. 1147–1161.

<sup>5</sup> Osiyevskyy, O., and Dewald, J. 2015a. "Explorative Versus Exploitative Business Model Change: The Cognitive Antecedents of Firm-Level Responses to Disruptive Innovation," *Strategic Entrepreneurship Journal* (9:1), pp. 58–78.



**Please do not hesitate to contact us  
if you have any further questions**



Ruth van Bracht,  
M.Sc.

vanbracht@time.rwth-  
aachen.de



Dr.  
Patrick Pollok

pollok@time.rwth-  
aachen.de



Prof. Dr.  
Frank T. Piller

piller@time.rwth-  
aachen.de



Dr.-Ing.  
Erik Marquardt

marquardt@vdi.de